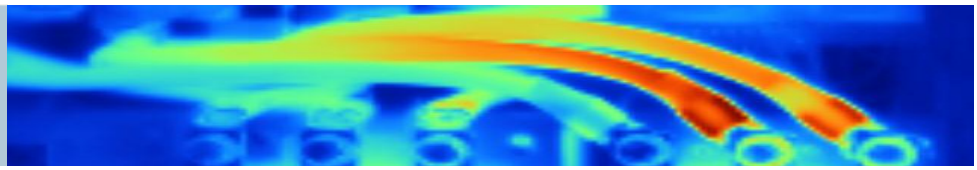
Thermografie Verband Schweiz (theCH)

www.thech.ch - Email: info@thech.ch

© Copyright by theCH

Beurteilung von Infrarotaufnahmen an teilbelasteten Niederspannungsanlagen



Anwendungsleitfaden für die Hochrechnung teilbelasteter thermischer Auffälligkeiten und der Verwendung des Excel-Tools "QualiPower®"

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 3

Impressum und Copyright © 3

Problemstellung, Ausgangslage 4

Lösungsansätze 4

Hochrechnung der Temperaturdifferenz auf maximale Systemlast 5

Definition des $I_{100\%}$ 6

Grenzwerte 6

Dringlichkeitsklassifizierung 7

QualiPower® 7

Zusammenfassung und Schlusswort 8

Vorwort

Interpretationen und Einschätzungen der Gefahrenstufe an teilbelasteten Niederspannungssystemen ist eine nicht einfach zu lösende Aufgabe. Die Hochrechnung der aktuellen auf die maximal mögliche Systemlast ist der einzig gangbare Weg eine thermische Auffälligkeit unter Berücksichtigung der lastbedingten Änderung in Bezug auf die Dringlichkeit der zu tätigenden Instandstellung zu bewerten.

Die folgenden Grundlagen verfolgen das Ziel dem Elektrothermografen ein einfach zu handhabendes und für viele Fälle anwendbares Werkzeug in die Hand zu geben um die Dringlichkeit der gefundenen thermischen Auffälligkeiten in einem akzeptabel genauen Rahmen bestimmen zu können.

Es ist zu bemerken, dass für die Elektrothermografie entsprechende Fachkenntnisse und Fähigkeitsnachweise auf der Elektrobranche keine Option darstellen sondern per Gesetz verankert sind. Wenn der Thermograf sich in die Gefahrenzone IP2x begibt, z.B. bei der Demontage bzw. dem Öffnen von Abdeckungen oder Gehäusedeckeln welche direkten Zugang zu leitenden, berührbaren unter Spannung stehenden Bauteilen darstellt, ist Fachkundigkeit pflicht!

Der Qualitätsstandard Elektro des theCH definiert zudem die für die Messung einzuhaltenden Rahmenbedingungen.

Impressum und Copyright ©

Markus Treichler, Autor dieses Dokumentes, ist gelernter Elektromonteur, zertifizierter Thermograf EN 473, Stufe 2, Fachrichtung Elektro und Mitglied im Vorstand des theCH als Beisitzer der Fachgruppe Elektro.

Dieses Dokument ist Urheberrechtlich geschützt. Die kommerzielle Verwendung von Inhalten in jeglicher Form (Text, Bilder, auch nur auszugsweise) sind nur mit ausdrücklicher Zustimmung des theCH bzw. des Autors erlaubt.

Alle Rechte an diesem Dokument verbleiben beim Thermografie Verband Schweiz (theCH) bzw. dem Autor.

Problemstellung, Ausgangslage

Teilbelastete Fehlerstellen sind schwierig zu identifizieren und bewerten, die Temperaturunterschiede zu "gesunden" Bauteilen bzw. Anschlüssen oder der Umgebungstemperatur liegen oft nur bei wenigen °C, thermische Auffälligkeiten können dem ungeübten Auge schnell einmal entgehen und im schlechtesten Fall bei erhöhung der Last an der betroffenen Stelle zum Systemausfall bzw. Brand führen.

Wir stellen in der Elektrothermografie fest dass die meisten zu beurteilenden Systeme zum Aufnahmezeitpunkt der Wärmebilder nicht unter Volllast stehen.

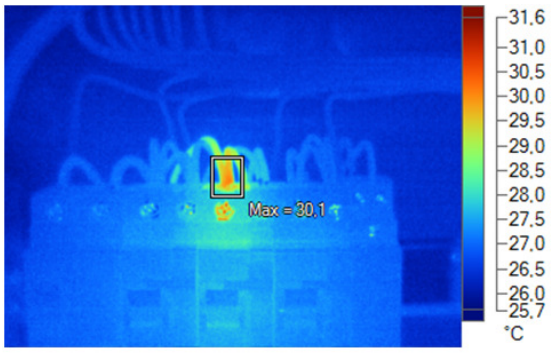
Lösungsansätze

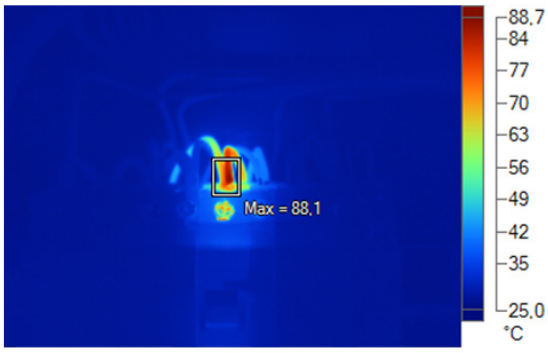
Die zu untersuchenden elektrischen Systeme bzw. Anlagen auf Volllast bringen und somit für optimale Beurteilungsbedingungen zu sorgen. Dies ist jedoch in der Praxis nicht oder nur selten möglich, daher scheidet diese Option meist aus.

Eine gangbare und praxiserprobte Methode stellt die Hochrechnung der gemessenen Temperaturen an den auffälligen Stellen bzw. der Objekttemperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur auf maximal mögliche Systemlast dar, diese soll hier näher erläutert und mit dem Excel-Tool "QualiPower" ein einfach und schnell zu handhabendes Werkzeug für den Elektrothermografen darstellen.

Die Beurteilung der jeweiligen Auffälligkeiten in Bezug auf die maximal mögliche, hochgerechnete Objekttemperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur durch die Vorgaben des VDS (Verband Deutscher Sachversicherer) liefert zudem eine nachvollziehbare und für die Praxis taugliche Methode. Dabei werden verschiedene Fehlergruppen definiert welche in ihrer Dringlichkeit Bezug auf die hochgerechneten Temperaturdifferenzen nehmen und dem Thermografen den Zeithorizont für die Empfehlung der Instandstellung betroffener Anlagenteile vorschlagen.

Das folgende Beispiel zeigt einen Wohnungsverteiler, die Schraube des betroffenen Leitungsschutzschalters war um 1 Umdrehung gelockert:





T Umgebung	27 °C
T Objekt	30.1 °C
I akt zum Aufnahmezeitpunkt	2.5 A
I max System (Vorsicherung)	13 A

T Umgebung	27 °C
T Objekt	88.1 °C
I akt zum Aufnahmezeitpunkt	12.9 A
I max System (Vorsicherung)	13 A

Links im Bild die thermische Auffälligkeit bei einer Teillast von 2.5A, rechts bei maximal möglicher Last (LS TypB, 13A). Dieses Beispiel illustriert die Wichtigkeit bei teilbelasteten Systemen die zum Aufnahmezeitpunkt gemessene Temperaturdifferenz T Objekt zu T Umgebung auf die maximal mögliche Systemlast hochzurechnen.

© Copyright by theCH

Hochrechnung der Temperaturdifferenz auf maximale Systemlast

Wie im Beispiel auf der vorangegangen Seite dargestellt ändert die Temperatur nicht linear zur Last, die Änderung der Temperaturdifferenz gegenüber Umgebungstemperatur des gemessenen Leiters bzw. Anlageteils findet im Quadrat zur Laständerung statt. Selbst vermeintlich kleine Temperaturdifferenzen können bei Teilbelasteten Systemen zu entsprechend gefährlich hohen Temperaturen führen wenn die Systeme auf Volllast hochgefahren werden.

Die zur Hochrechnung verwendete Formel (blau) nimmt Bezug auf die oben erwähnte Grundlage und lautet:

$$\Delta T_{100\%} = I_{100\%}^2 : I_A^2 \times \Delta T_A$$

Das folgende Beispiel erläutert einerseits die in der Formel verwendeten Variablen und dient dem Nachvollziehen der Berechnung. Die in grün markierten Werte müssen durch Messung bzw. Abklärung (max. Last) vor Ort zum Aufnahmezeitpunkt ermittelt werden:

Beispiel:			
	T_O	= 33 °C	(Aktuelle Objekt-Temperatur)
	T_U	= 25 °C	(Aktuelle Umgebungs-Temperatur)
	ΔT_A	= 8 °C	(Aktuelle Temperaturdifferenz = T_O-T_U)
	I_A	= 20A	(Aktueller Strom)
	$I_{100\%}$	= 63A	(max. anzunehmende Last, z.B. Vorsicherung)
	$\Delta T_{100\%}$	= ?	(zu erwartende Temperaturdifferenz)
	$T_{O\,@\,I_{100\%}}$	= ?	(zu erwartende Leitertemperatur)

Nun folgt das Einsetzen der Werte in die Formel um den Wert für ΔT 100% zu erhalten:

$$\Delta T_{100\%} \quad 63^2 : 20^2 = 9.92 \times 8°C = 79.38°C$$

Die Temperaturdifferenz muss nun noch zur Umgebungstemperatur addiert werden um die Objekttemperatur T_O bei maximal möglicher Systemlast ($I_{100\%}$) zu berechnen:

$$T_{O\,@\,I_{100\%}} = T_U + \Delta T_{100\%} = 25°C + 79°C = \underline{104°C}$$

Ändert sich die Umgebungstemperatur wird sich auch die hochgerechnete Objekttemperatur ändern, dies ist insbesondere bei Aufnahmen in kälteren Zeiten zu berücksichtigen, steigt später die Umgebungstemperatur hat dies einen direkten Einfluss auf $T_{O@I100\%}$.

Definition des $I_{100\%}$

Als $I_{100\%}$ gilt die Vorsicherung oder maximal mögliche Systemlast aufgrund fest angeschlossener Verbraucher, handelt es sich um eine Gruppe mit Steckdosen gilt in jedem Fall die Vorsicherung.

Die heutigen Lastströme sind kaum mehr als Sinus anzutreffen, desshalb sind für die Messung ausschliesslich TRMS Stromzangen zu verwenden. Messwerte von mitelwertbildenden Stromzangen liegen bis zu 50% unter denjenigen von Echteffektivwertbildenden Modellen. Ein zu tief gemessener Strom hat entsprechende Fehler in der Kalkulation der Objekttemperatur bei 100% Systemlast zur Folge was zu einer Fehleinschätzung der Auffälligkeit und Dringlichkeit führt.

Es ist zu erwähnen, dass der Leiterquerschnittseinfluss bei der hier verwendeten Methode zur Hochrechnung nicht berücksichtigt wird, dieser Umstand hat keinen für uns relevanten Einfluss auf den "Worst-Case", der grössere Querschnitt hätte ein kleinerer Temperaturanstieg zur Folge, somit ist in der Praxis der schlimmste anzunehmende Fall bei der Verwendung der hier umschriebenen Hochrechnung gegeben.

Grenzwerte

Generell gelten für die maximale Temperatur der entsprechenden Bauteile die definierten Werte in der aktuellen NIN (Niederspannungs-Installationsnorm) bzw. die Herstellerangaben und relevanten Bauteilnormen. Hier eine Aufstellung aus der NIN betreffend Temperaturgrenzwerten von Niederspannungsanlagen:

Isolier- und Werkstoffe (5.2.3.1.1.4 / 5.3.9.7.3), z.B.	
Thermpolast oder Mineral im Handbereich, am Leiter gemessen	≤ 70°C
Vernetztes Polyethylen (VPE), am Leiter gemessen	≤ 90°C
Mineral, am Mantel gemessen (nicht im Handbereich)	≤ 105°C
Weichlot (4.3.4.3§1)	≤ 160°C
Schutz gegen Verbrennung. Maximal Temperatur für im Handbereich zugänglichen Teile von elektrischen Einrichtungen bei normalem Betrieb (4.2.3), für Teile welche im Betrieb	
normalerweise nicht berührt werden müssen, metallisch	≤ 80°C
normalerweise nicht berührt werden müssen, nicht metallisch	≤ 90°C
berührt werden müssen, metallisch	≤ 70°C
berührt werden müssen, nicht metallisch	≤ 80°C
in der Hand gehalten werden, metallisch	≤ 55°C
in der Hand gehalten werden, nicht metallisch	≤ 65°C
Zulässige Erwärmung der Umgebungstemperatur von SK* Gehäuse (5.3.9.7.3)	
mittlere Temperatur	≤ 35°C
Steuerkomponenten in SK* müssen zugelassen sein für	≥ 55°C
SK* interne Lufttemperaturerhöhung	≤ 20°C

(SK* = Schaltgerätekombination)

Dringlichkeitsklassifizierung

Die Bewertung der Dringlichkeitsklassifizierung lässt viel Spielraum, zurzeit sind in der Schweiz keine gesetzliche oder reglementarische Vorgaben definiert.

Der VDS (Verband Deutscher Sachversicherer) definiert eine Bewertungsgrundlage für Fehlergruppen an Niederspannungs-Elektroanlagen mit einer Einteilung von 1 bis 4, wobei als 1 = keine bzw. geringe und 4 = grosse Auffälligkeit bewertet wird. Diese Bewertungsmatrix hat sich in der Praxis bewährt und wird hier erläutert.

Die folgend definierten Temperaturwerte entsprechen dem hochgerechneten ΔT in °C bezogen auf die Umgebungstemperatur:

Fehlergruppe 1: 0 °C < 10 °C
keine Massnahmen erforderlich, weiter beobachten

Fehlergruppe 2: 10 °C < 35 °C
bei nächster Abschaltung bzw. bei nächster Gelegenheit beheben

Fehlergruppe 3: 35 °C < 70 °C
bei nächster geplanter Abschaltung beheben, jedoch innerhalb 6 Monaten

Fehlergruppe 4: >70 °C
bei nächstmöglicher Abschaltung bzw. sofort beheben, Lasten reduzieren, nicht erhöhen!

QualiPower®

Um dem Elektrothermografen die Hochrechnung und Fehlergruppeneinteilung zu vereinfachen stellt der theCH das Tool "QualiPower®" zur Verfügung, dieses kalkuliert aufgrund der getätigten Eingaben die hochgerechnete Temperaturdifferenz und die daraus resultierende Objekttemperatur bezogen auf die maximal mögliche Systemlast. Zudem teilt es die Werte direkt den Fehlergruppendefinitionen des VDS (Verband Deutscher Sachversicherer) zu und hebt die jeweiligen hochgerechneten ΔT 100% farblich differenziert auf die Fehlergruppe hervor.

QualiPower® existiert in einer Excel Version für 1 Leiter oder für 5-Leitersysteme mit und ohne Makros, letztere hat eine Kopierfunktion in die Windows-Zwischenablage von welcher aus die Ergebnisse als Bild oder Text in eine beliebige Anwendung (z.B. Word) eingefügt werden kann.

Für nicht theCH Mitglieder stellt der Verband QualiPower® in der vereinfachten Form für 1 Leiter und ohne das Makro für die Kopie in die Zwischenablage zur Verfügung, es fehlt auch die kopierbare Vorlage der Fehlergruppendefinitionen (Word-Datei) zur Verwendung als "Copy/Paste" Textvorlage für eigene Berichte welche ebenfalls exclusiv den theCH Mitgliedern vorbehalten ist.

Nachfolgend das Resultat der Hochrechnung durch QualiPower® der Werte des am Anfang dieses Dokumentes erwähnten Beispiels des Wohnungsverteilers:

T umg [°C]	27.0	QualiPower® Thermografie Verband Schweiz, www.theCH.ch			
I akt [A]	I max [A]	T obj [°C]	T obj 100% [°C]	ΔT 100% [°C]	Bemerkung
2.5	13	30.1	110.8	83.8	Fehlergruppe 4

Vergleicht man den hochgerechneten Wert mit dem gemessenen ergibt sich eine Abweichung, diese ist jedoch tolerierbar, denn der berechnete Wert für ΔT 100% wiederspiegelt den schlimmsten anzunehmenden Fall. Die Berechnungsfehler aufgrund vielfältiger Einflussfaktoren führen zu höheren theoretischen Werten als dies in der Realität der Fall wäre. Wir stellen somit die Sachlage mittels der hier verwendeten Grundlagen eher schlimmer dar als dies in der Realität voraussichtlich sein wird.

Zusammenfassung und Schlusswort

Die Hochrechnung für die zu erwartende Temperaturdifferenz bei Teillast von NS-Elektroanlagen ist unumgänglich, die reale Temperatur des betroffenen Objektes hängt jedoch nicht nur von der Belastung, sondern u.a. auch von der vorliegenden Kontakteigenschaft (Übergangswiderstand) ab. Die lose bzw. schlechte Verbindung wird über die Zeit betrachtet noch schlechter, das Ausfallrisiko steigt mit zunehmender Betriebszeit!

Bei Analysen mit < 10% - 15% Systemlast steigt das Risiko eine Auffälligkeit nicht korrekt bewerten zu können. Die Empfehlung lautet daher Infrarotaufnahmen und Bewertungen an teilbelasteten Niederspannungssystemen bei min. 20% Systemlast, besser > 30%, durchzuführen bzw. wenn möglich dafür zu sorgen dass diese Bedingungen erfüllt sind.

Mit der Fehlergruppengrundlage des VDS und unter Einhaltung des Qualitätsstandards Elektro des theCH können auch teilbelastete Systeme in ihrer Dringlichkeit bewertet werden, auch wenn dabei Theorie und Realität etwas auseinander liegen, glücklicherweise zugunsten der Sicherheit.

Absolute Sicherheit existiert nicht!